

白熱燈による弱光下の菊の電照栽培

安田 勳・築谷 健作

Light Culture of Chrysanthemum under Feeble Incandescent Lamps.

Isao YASUDA and Kensaku TSUKUTANI

In order to find out if the feeble incandescent light can delay the flower bud differentiation of chrysanthemum lighted by such lamps as 10, 20, 30 and 60-watts, the following experiment was carried out in 1960.

1. The materials were cut on May 11, planted in pots on June 22, and has produced three branches by pinching. Pots were placed on the bench in the greenhouse, and lighting started on August 5, stopped on September 20.

2. Any distinct difference in elongation of stem was not found among those in differently lighted sections. However in the feeble light sections they had a little higher elongation than in the other sections and the standard sections.

3. The flowering was delayed in proportion as the light intensity increases. The sections lighted by 60 and 30-watt lamps showed almost similar flowering, but in the 10-watt lamp section the flowering was earlier than in the others and flowered for a longer period of time.

4. As to the flower bud formation, a considerable number of flower buds in 10-watt lamp section appeared first, and 20 and 30-watt lamp sections followed.

5. Consequently, the limit of light intensity in light culture of chrysanthemum seems to be 30-watts per square 3.3 meter of a bench.

緒

言

菊の電照栽培をおこなう場合、これまでの慣例では1坪(3.3 m^2)あたり60W、3坪(約10 m^2)あたり100Wを菊の頂端から1mの高さに吊すのが適当とされている。最も暗い所の明るさをどのくらいに止めるべきかについては正確な報告がないが、岡田正順氏は実験に際して50ルクスより暗くならぬようにするとしている。筆者等はこの限度を明かにするため、60から10Wまでの弱光下に菊を置き、菊の生育、開花に対する日長反応を試験したところ、次に述べるようになりに弱い電照下においても開花を抑制する結果を得たので、以下にその概要を記すことにした。

I. 材料および実験方法

供試品種は早生の秋菊で、黄色大輪の「芳香の宝」である。教室の圃場に栽植してあつた苗を5月11日に挿木、6月7日に5寸鉢に1株ずつ定植したもの60個を用意した。6月22日に頂部を摘心して3本仕立てとし、成るべく生育のよく揃つたものを次のような実験区別に配置した。

標準区	10鉢	1鉢に3本仕立とし、2本を開花実験に、1本を花芽分化調査用に使用。電灯はすべて白熱燈。
電照10W区	10鉢	
電照20W区	10鉢	
電照30W区	10鉢	
電照60W区	10鉢	

実験の場所： 本大学農学部附属温室（東西に長いスリーコーター）のコンクリートのベンチ上で、北側もコンクリートの壁である。このベンチを4等分し、1区が縦65cm、横130cmになるように仕切った。各電照区の境は黒色ビニールで遮断、日中はビニールをたたんで日光が平均に当るようくふうした。標準区の鉢は電照に影響のない別室の温室内のベッド上にならべ、灌水、施肥その他を電照区と同一条件下にあるよう管理した。

電照期間と1日の電照時間： 電照開始日は1960年8月5日、電照打切日は同年9月20日である。この間47日であった。1日の電照時間は日没から午後12時までの約5時間とし、操作はすべてマツダタイムスイッチによつて行つた。

調査方法： 8月5日の電照開始後、各実験区の草丈と葉数の調査を行い、以後15日ごとに開花日まで同様の調査を継続した。花芽分化の調査は、8月5日より毎週1回、計3回材料を採取、9月20日の電照打切後も5日おきに4回にわたつて材料をとり50%のアルコール液中に保存しておいて随時双頭顕微鏡により行つた。花芽分化用の材料は1区5個体である。次に、開花時の決定は最外側の花卉がほぼ水平にひろがつた時をもつてした。実験中、どの区も柳芽の発生がほとんど見られなかつたので、開花した花は何れも最初の蕾であり、仕立方は1茎1花とした。

耕種の概要： 定植用土は培養土：川砂：木灰：腐葉土：乾燥肥料を6：2：2：3：1の割合に混合したものを用い、追肥として8月25日と9月30日の2回過磷酸石灰：硫酸カリ：硫酸を3：2：1の比率で施した。病害防除用には、ダイセンの500倍液、キクスイ、アカダニ、シロクイムシの防除にはマラソン剤の2000倍液を随時散布した。

II. 実 験 結 果

(1) 生育調査

Table 1. Elongation of the Stem and Increase of the Leaves in the Control Section.

No.	Aug. 5		Aug. 20		Sep. 5		Sep. 21		Oct. 5			
	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves
	cm		cm		cm		cm		cm		cm	
1	29	13	31	17	40	22	55	29	67	33	71	33
2	36	13	40	18	50	23	63	32	73	32	75	32
3	28	14	38	17	51	24	66	34	77	35	82	35
4	33	14	41	18	50	25	70	33	82	35	85	35
5	30	14	34	17	45	24	62	29	74	32	79	32
6	25	12	29	15	35	20	50	27	60	30	68	30
7	29	12	34	16	43	20	60	30	71	30	77	30
8	27	13	32	16	46	22	59	28	73	30	79	30
9	36	12	32	14	44	22	60	29	71	32	75	32
10	31	13	37	16	46	23	63	31	70	31	80	31
Average	29.4	13.0	34.8	16.4	45.0	22.5	60.8	30.2	71.8	32.0	77.1	32.0

生育調査のおもなものは実験中の草丈と葉数についてである。一般に電照下においては自然状態のものより草丈が伸びるものであるが、その程度は品種によつてかなり差異があるようである。本実験に用いた「芳香の宝」は電照によつてそれほど伸長はみられず、而も弱光下であるからといつて草丈がのびないとは限つていない。その状況を示したのが第1～6表である。

以上の表をとりまとめるため、電照開始時の各区の草丈を (a)、電照打ち時の草丈を (b)、伸長率即ち、電照打ち時の草丈を電照開始時の草丈で除したものを $\frac{b}{a}$ 、開花時の草丈を (c) で表わすと第6表のような結果が得られる。

まず、電照を開始してから電照を停止するまでの期間における草丈の伸長度をみると、各電照区とも大差なく、標準区と較べてもそれほど長く伸びていない。そして電照停止時の草丈を電照開始時の草丈で除した伸長率即ち $\frac{b}{a}$ でその倍率を計算してもその差は 2.07～2.22 程度で大差のないことを示している。したがつて電照の明るさがちがつても、電照をしなかつたものも8月

Table 2. Elongation of the Stem and Increase of the Leaves in the 10w Section.

No.	Aug. 5		Aug. 20		Sep. 5		Sep. 21		Oct. 5		Oct. 20		Flowering time	
	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves
	cm		cm		cm		cm		cm		cm		cm	
1	30	13	38	15	49	21	63	25	78	32	90	34	90	34
2	34	15	49	20	52	24	58	26	75	35	88	37	88	37
3	29	13	42	16	54	21	69	25	82	30	99	32	99	32
4	32	13	48	18	62	23	76	28	81	30	103	34	103	34
5	35	14	46	17	52	22	62	27	79	34	89	37	89	37
6	32	14	47	19	60	23	69	28	83	33	101	36	101	36
7	31	15	45	18	52	22	65	23	73	28	106	31	106	31
8	33	14	42	19	50	24	61	28	69	34	86	36	86	36
9	31	14	50	18	61	24	75	26	81	34	96	37	96	37
10	31	15	48	19	55	22	66	25	78	30	100	33	100	33
Average	31.8	14.0	45.5	17.9	54.7	22.6	66.4	26.1	77.9	32.0	95.8	34.7	95.8	34.7

Table 3. Elongation of the Stem and Increase of the Leaves in the 20w Section.

No.	Aug. 5		Aug. 20		Sep. 5		Sep. 21		Oct. 5		Oct. 20		Flowering time	
	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves
	cm		cm		cm		cm		cm		cm		cm	
1	33	14	47	20	59	25	70	30	78	32	94	35	94	35
2	31	13	42	18	54	23	70	28	75	34	97	36	97	36
3	33	14	45	18	58	23	79	29	93	35	95	37	95	37
4	32	13	50	18	59	24	72	26	83	31	103	34	103	34
5	31	12	44	17	58	22	71	26	81	30	97	32	97	32
6	31	12	46	16	57	21	71	25	84	29	104	33	104	33
7	31	13	49	18	54	21	66	24	78	29	107	24	107	24
8	32	13	45	18	57	23	68	28	79	33	103	32	103	32
9	30	13	46	19	58	23	72	27	81	31	102	34	102	34
10	32	12	45	17	53	24	63	28	78	33	104	35	104	35
Average	31.6	12.9	45.9	17.9	56.7	22.9	70.2	27.1	81.0	31.7	100.6	33.2	100.6	33.2

Table 4. Elongation of the Stem and Increase of the Leaves in the 30w Section.

No.	Aug. 5		Aug. 20		Sep. 5		Sep. 21		Oct. 5		Oct. 20		Flowering time	
	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves
	cm		cm		cm		cm		cm		cm		cm	
1	31	13	46	18	57	24	64	28	77	32	104	36	104	36
2	30	14	45	19	59	25	72	27	81	32	102	35	102	35
3	30	12	45	18	52	22	69	25	78	28	103	31	103	31
4	31	13	48	19	54	23	64	27	82	31	104	33	104	33
5	27	12	39	17	51	23	57	25	68	29	91	32	91	32
6	32	13	44	18	53	22	72	26	80	28	103	30	103	30
7	32	13	48	17	56	20	63	24	74	27	96	30	96	30
8	32	15	43	18	56	23	65	26	79	31	92	33	92	33
9	28	11	42	16	53	20	67	25	88	30	104	32	104	32
10	33	14	40	17	50	21	61	24	73	28	105	31	105	31
Average	30.6	13.0	44.0	17.7	54.1	22.3	65.4	25.7	78.0	29.6	100.4	32.3	100.4	32.3

Table 5. Elongation of the Stem and Increase of the Leaves in the 60w Section.

No.	Aug. 5		Aug. 20		Sep. 5		Sep. 21		Oct. 5		Oct. 20		Flowering time	
	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves	Height	No. of leaves
	cm		cm		cm		cm		cm		cm		cm	
1	29	11	40	16	50	20	61	23	75	31	87	34	87	34
2	29	13	41	17	45	21	49	23	62	27	84	31	84	31
3	32	13	44	17	51	22	68	24	77	27	96	32	96	32
4	34	13	49	17	58	22	67	25	75	27	94	31	94	31
5	27	14	39	17	49	22	63	26	71	29	93	32	93	32
6	28	13	46	22	54	23	65	27	81	33	101	35	101	36
7	31	11	46	16	55	19	63	22	71	28	93	31	93	31
8	25	12	37	17	50	24	61	27	71	29	98	32	98	32
9	32	12	43	16	54	22	60	26	77	28	96	33	96	33
10	33	14	47	19	58	22	68	25	78	29	114	34	114	34
Average	30.0	12.6	43.2	17.4	52.4	21.7	62.5	24.8	73.8	28.8	95.6	34.6	95.6	34.6

Table 6. The Comparison of the Height in Each Experimental Section from the Starting of the Lighting to the Flowering Time.

Section		Control	1 0 W	2 0 W	3 0 W	6 0 W
Elongation						
Time when light started (a)		29.4cm	31.8	31.6	30.8	30.0
Time when light stopped (b)		60.8cm	66.4	70.3	65.4	62.5
b - a		31.4cm	34.6	38.7	34.6	32.5
Elongation ratio	$\left(\frac{b}{a}\right)$	2.07	2.09	2.22	2.12	2.08
Time when flowered (c)		77.1cm	95.8	100.6	100.4	95.6
c - b		16.3cm	29.4	30.3	35.0	33.1

5日から9月21日（電照打切日）までの比較的長日期間中では電照による伸長はみとめられなかつた。ただし、この傾向は品種によつても差があるもののようで、それについては考察の項で今一度言及してみよう。

開花時には草丈の差はかなりいちじるしく現われ、電照を停止してから開花時までの伸長は電照各区が標準区の伸長の約2倍からそれ以上に及んでいる。その理由は標準区は短日期に入つて花芽分化を始めたのに、電照各区は電照によつて長日下におかれ、依然栄養成長を強いられたためと思われる。

次は葉数についてであるが、表1～5に示したように各区とも8月5日の電照開始時には13枚程度であつたものが、開花時には32～35枚程度で終つている。葉のつきかたで多少興味のあるのは、電照区と標準区とで途中の枚数に差のあることである。例えば第1表と第4表とで、電照打切時の葉数を比べて見ると第1表（標準区）では9月21日にはすでに30枚余に達しているのに、第4表（30W区）では26枚に達していない。而も開花時には両区とも32枚内外で終つてゐるから、電照しない場合の方が早く所定の枚数に近づくもののようである。

(2) 開花調査

(イ) 花芽分化

弱光下で電照を加え、開花を抑制しようとした場合、従来の慣行法と比べてはたして花芽分化を抑える力があるか否か、それを調べるため次に述べるような方法を用いた。即ち、8月5日の電照開始後5日（8月10日）、12日（8月17日）、19日（8月24日）の3回電照中各区の新梢をとつておいて50%のアルコールに保存し、随時検鏡した所、8月10日では標準区も電照各区も全く分化をみとめなかつたが、8月17日には標準区で40%、8月24日には全株分化を始めていた。しかし、同じく、8月24日でも電照各区では全く分化をみとめなかつた点から考えて、電照後約20日間くらいは花芽分化を抑えていたことになる。その関係を表わしたのが第7表である。

Table 7. The Condition of the Flower bud Differentiation on 5, 12 and 19 Days after the Start of the Lighting in Each Section.

Section	Date	August 10					August 17					August 24				
	No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Control		×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○
10 W		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
20 W		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
30 W		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

次に、電照打切（9月20日）後、5日ごとに10月10日まで5回採取したサンプルの調査結果では、9月25日において10W区は80%、20W区は40%、30W区は20%分化が始まつていたのに、60W区では全然分化をしていなかった。9月30日には10W区は全株花芽を分化し、20W区では80%、30W区では60%が分化していたのに60W区では40%しか分化していなかつた。以上の事柄から判断して10W区では電照の後期にすでに分化を始め、20および30W区もあるものは花芽分化の過程に入つていたものと考えられる。この実験ではサンプルの関係で8月24日以後の花芽の調査を打ち切つたので、何時ごろ分化したかは明でないが、60Wのような明るさの下に置かれたものが9月25日には全く分化していなかつたことよりみて大体以上のように推論して間違ひはないと思う。第8表はその関係を示したものである。

Table 8. The Condition of the Flower bud Differentiation on 5, 10, 15 and 20 Days After the Stop of the Lighting in Each Section.

Section	Date No.	September 25					September 30					October 5					October 10				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1 0 W		○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2 0 W		○	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
3 0 W		×	×	○	×	×	×	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
6 0 W		×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	*	○	○	○	×	*	○

* It seems that this non-differentiation owing to any trouble of the chrysanthemum.

(四) 開花状態

最初に各試験区における開花開始期を示して見ると第9表の通りで、標準区が平均して10月17日と一番早いのは当然として、10W区が11月4日、20W区11月11日、30W区11月13日、60W区11月14日というふうにワツトの大きい区ほどしだいに開花開始がおくれていた。この中、30と60Wの両区にはほとんど差異が見られなかつた点から考えて同じ面積の同じ高さに電照を用いた場合は30W照明で十分実用上の効果があるようである。今、それらの示す数字を掲げてみると次のようである(第9表)。

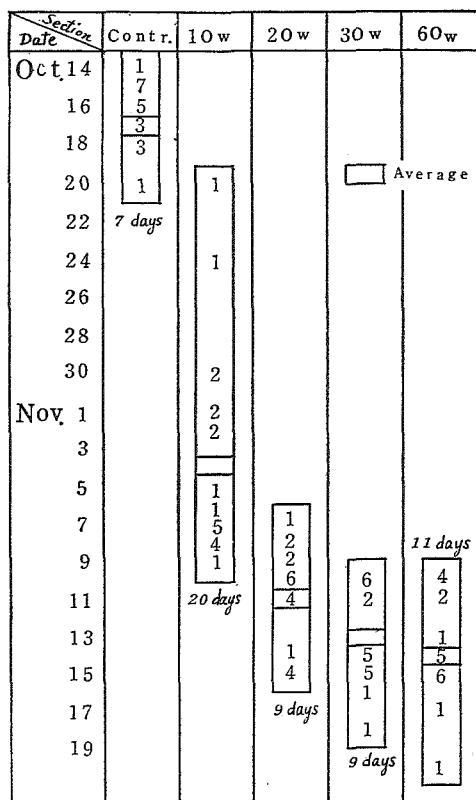
Table 9. The Date of Flower Beginning in Each Section under the Feeble Light.

Section No.		Control	1 0 W	2 0 W	3 0 W	6 0 W
1	(1)	Oct. 15	Oct. 20	Nov. 14	Nov. 14	Nov. 14
	(2)	Oct. 15	Oct. 30	Nov. 11	Nov. 16	Nov. 14
2	(1)	Oct. 14	Oct. 24	Nov. 10	Nov. 10	Nov. 10
	(2)	Oct. 17	Nov. 7	Nov. 15	Nov. 14	Nov. 14
3	(1)	Oct. 16	Nov. 7	Nov. 10	Nov. 10	Nov. 15
	(2)	Oct. 16	Nov. 8	Nov. 11	Nov. 11	Nov. 15
4	(1)	Oct. 16	Nov. 6	Nov. 10	Nov. 14	Nov. 15
	(2)	Oct. 18	Nov. 8	Nov. 15	Nov. 18	Nov. 17
5	(1)	Oct. 15	Nov. 5	Nov. 8	Nov. 15	Nov. 11
	(2)	Oct. 18	Nov. 8	Nov. 8	Nov. 15	Nov. 15
6	(1)	Oct. 16	Oct. 30	Nov. 7	Nov. 10	Nov. 10
	(2)	Oct. 20	Nov. 2	Nov. 10	Nov. 14	Nov. 20
7	(1)	Oct. 15	Nov. 1	Nov. 10	Nov. 15	Nov. 13
	(2)	Oct. 17	Nov. 8	Nov. 11	Nov. 15	Nov. 13
8	(1)	Oct. 15	Nov. 9	Nov. 9	Nov. 14	Nov. 10
	(2)	Oct. 15	Nov. 15	Nov. 15	Nov. 15	Nov. 15
9	(1)	Oct. 15	Nov. 11	Nov. 11	Nov. 10	Nov. 10
	(2)	Oct. 16	Nov. 10	Nov. 10	Nov. 10	Nov. 14
10	(1)	Oct. 17	Nov. 9	Nov. 9	Nov. 10	Nov. 15
	(2)	Oct. 18	Nov. 15	Nov. 15	Nov. 11	Nov. 14
Average		Oct. 17	Nov. 4	Nov. 11	Nov. 13	Nov. 14

上に述べた関係を図で表わしたものが第1図で、□で囲んだ部は平均開花日、開花期間の下に記した数字は、その試験区における開花開始日の範囲である。

この図表によると、供試花数20個の中、標準区の開花分布日数は7日、10W区は20日、20W、30W区がともに9日、60W区は11日となつている。電照4区の中、30Wと60W両区は11月9日から開花を始め、最後の開花日も大体似ている。20W区は11月6日の開花始めで、30Wや60W区に比べるとやや早く開花が始まり、終りも幾分早くなつているが、開花分布はあまり長くない。興味のあるのは10W区で、開花の始まりは早いのに、最後の開花期までの分布がひじょうに長く、他区の2倍以上に達している。しかし、平均開花日をみると、標準区よりは約20日近くちがつているから、この程度の弱光下でも開花の抑制能力はあるものである。ただ、10W程度では電照中に花芽分化が行われるため、開花の始まりは標準区と重複しているものもある。この実験では弱光の場合、光源の直下とやや離れた箇所では幾分差があるらしく、そのため開花の開始分布がかなり広くなつたものと思われる。

Fig. 1. The date of flower beginning of chrysanthemum in each section under the feeble light.



III. 考

察

1. 電源からの距離と光の強さ

Post は温室内の菊の電照実験において、5~15 Foot-candles の照度を得るには電源からの距離 4 feet, 床の面積 6 feet 平方で 75 W の明るさを要すると記しているから、現在わが国で坪当

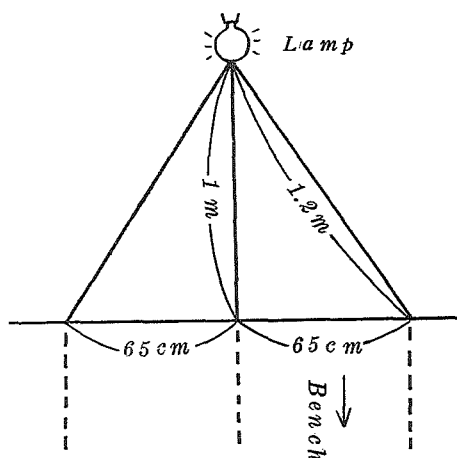
り3尺の高さで60 Wの電球を吊す明るさと大体一致している。また、A. LAURIEは菊の花芽分化は2 foot-candles またはそれ以上の照度を毎日14時間以上与えた場合に行われなくなるといつている。1950年、立石は洋菊の電照実験を行い、光度32 Wとした場合、1.2 mの距離では抑制効果が十分であるが、1.57 mでは不十分であるとしている。これを慣例の距離1 mに換算すると光度は約27 Wとなる。また、岡田(1957)は開花の生態反応から見た菊品種分類の実験では、電球から最もはなれた所でも50 ルツクスを保つようにしている。

筆者等が行った弱光照明の場合は電源からの距離をいちように1 mとしたが、床面のスペースは130 cm平方くらいで慣例の1坪よりはるかに小さい。それにもかかわらず、1 m直下の光度は60 W区を除けば何れも32 lux以下で、この程度の光度でも60 W区とはあまり異ならない抑制効果を示した。しかし、32 lux というのは直下の明るさであるから、一番遠い実験材料では更に lux が減つて20 lux となつている。今、弱光下における電球の明るさと電源からの距離との関係を示すと次表(第10表)及び2図のようである。

Fig. 2. Diagram denote the contents of Table 10.

Table 10. Relation to the Light-intensity and the Distance from Light-source.

Distance Watt	1.2 m	1.0 m
10	8 ^{lux}	12 ^{lux}
20	13	18
30	20	32
60	58	83



以上の結果から考えると、菊の花芽分化をやや完全に抑えるには、従来行われてきた1坪当たり60 W、2坪当り100 Wとして一番暗い所でも50 luxを保たせる必要はなく、電源から菊の頂端までの距離1 mの場合、30 W(30 lux内外)あれば抑制可能である。物理学上では、光の強さは距離の自乗に逆比例するとされているから、若し、距離を元の半分とすれば、光の強さは約4倍となる。それゆえ、弱光であつても電源を菊の頂部に近づければかなり抑制力は大となる筈である。然し、個々の弱光電球を低く吊ることは照射の面積を小さくするから、効果を大きくするには、照度の大きい電球を高く吊り、最も遠い距離下の所でも30 luxを保てるようにすべきである。

2. 弱光による開花期の拡大

Postは長日で開花する植物は光の強さの大きいほど早く開花するといっているが、菊では光の強いほど花芽の分化を抑制し、光が弱くなるにつれてその効力が減少する。10 W程度の弱光で照明すると、開花は強光下より早くなるが次々と開花を始め、而もその開花期間がひろがる傾向のあつたことは興味ある事実である。菊の電照栽培において開花に必要な条件は一定期間の花芽抑制と花芽分化時の適温とであるから、比較的温暖な期間中或は暖地における電照栽培では、弱光で抑制することによりその開花期間を永く保たしめることも可能である。

3. 舌状花減少の度合

一般に、菊の電照が完全に行われた場合、舌状花が減少して管状花の発達する事例が知られているが、本実験では特にその調査を行わなかったため、それについてのデータを挙げることができなかった。しかし、肉眼で判断した所では60 W及び30 W区にその傾向が多少みとめられたのに、10 W区ではほとんど標準区との差が見られなかった。従つて弱光下の電照ではこの欠点がある程度少くすることが可能なのではないかと思われる。

参 考 文 献

- 1) 立石恒四郎 (1950) : 菊栽培新編 (養賢堂), 223~225.
- 2) POST, K. (1952) : Florist Crop Production and Marketing. 73~86.
- 3) WATSON, D.P. and ANDRIEWS, P.S. (1953) : The effect of light intensity on the flowering of chrysanthemum variety Gold Coast. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61; 551~554.
- 4) 岡田正順 (1957) : 開花に対する生態的反応より見た菊品種の分類. 園芸学会雑誌 26, 1; 59~72.
- 5) 安田 勲, 是松博文 (1957 未発表) : 晩生菊の促成について. (是松博文卒業論文の一部)
- 6) LAURIE, A. (1958) : Commercial Flower Forcing. 67~76. および 368~375.
- 7) 田口亮平 (1958) : 作物生理学 (養賢堂). 553~555.